ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI *TURBINE GENERATOR* *QFSN-300-2-20B* UNIT 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU REMBANG

Dwi Cahyadi[1], Hermawan[2]
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
[2]Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : dwicahyadi@student.undip.ac.id

Abstrak

Pada proses pembangkitan listrik PLTU Rembang, daya rated generator sebesar 300MW. Hal ini berdasarkan pada desain awal yang tertera pada manual book. Kondisi saat ini PLTU Rembang telah beroperasi selama 5 tahun dan telah mengalami permasalahan yamg dapat menurunkan efisiensi unit pada umumnya dan secara spesifiknya pada efisensi Turbine Generator.

Selama 5 tahun beroperasi, diperkirakan efisiensi Turbine Generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor seperti sering terjadinya derating (penurunan beban) atau trip (unit shutdown), faktor lamanya pemeliharaan, kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan serta faktor-faktor lain. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap efisiensi Turbine Generator apakah generator masih dalam batasan kondisi yang andal atau tidak.

Hasil dari analisa dengan mengambil sampel selama 10 hari didapatkan efisiensi rata-rata generator unit 10 saat ini sebesar 93.15%. Efisiensi rata-rata generator pada unit 20 sebesar 92.39%. Apabila dibandingkan dengan efisiensi generator secara esain sebesar 98%, maka nilai efisiensi Turbine Generator QFSN-300-2-20B saat ini mengalami penurunan sebesar ±5%.

Kata kunci *: Efisiensi Turbine Generator, PLTU Rembang, Turbin Uap*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada proses pembangkit listrik di PLTU Rembang, Jawa Tengah, daya *rated* yang dibangkitkan (*rated output*) oleh *turbine generator* sebesar 300MW. Hal ini berdasarkan pada desain awal yang tertera dalam *manual book.* Secara aktual, daya yang dibangkitkan tidak statik pada nilai *rated*. Kondisi saat ini PLTU Rembang telah beroperasi selama 5 tahun dan telah mengalami banyak permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi unit pada umunya dan secara spesifiknya pada efisiensi *turbine generator.*

Efisiensi dari generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik. Selama 5 tahun beroperasi, diperkirakan efisiensi generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor seperti sering terjadinya *derating* (penurunan beban) atau *trip* (unit *shutdown*), faktor lamanya pemeliharaan, kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan serta faktor-faktor lain. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap efisiensi generator apakah generator masih dalam batasan kondisi yang andal atau tidak.

1.2. Tujuan

Tujuan dari kerja praktek ini adalah sebagai berikut :

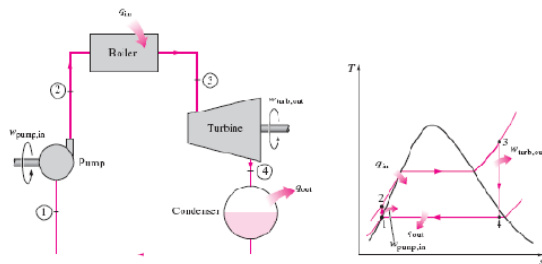
1. Mengembangkan kemampuan analitis dengan membandingkan antara teori yang didapat dari kuliah dengan keadaan aktual di dunia industri.
2. Memperoleh gambaran yang lebih nyata dan pemahaman yang lebih jelas dari pemakaian mesin-mesin pembangkitan energi listrik dan perawatan mesin-mesin yang ada, seperti boiler, turbin, generator dan alat bantu PLTU lainnya.
3. Mengetahui sistem pengoperasian generator dan menghitung efisiensi generator berdasar kemampuan daya keluaran dan masukan.

1.3. Batasan Masalah

Dalam pembahasan Laporan Kerja Praktek ini, masalah dibatasi pada perhitungan efisiensi *Turbine Generator* model *QFSN-300-2-20B* tipe *Self-Shunt Static Excitation* H_2O-H_2-H_2 *Cooled Generation Unit* pada PLTU Rembang sebagai perbandingan dengan nilai efisiensi generator secara desain selama 10 hari dengan penentuan daya masukkan generator berdasarkan daya keluaran turbin menggunakan metode penurunan entalpi.

II. DASAR TEORI

2.1. Siklus Rankine

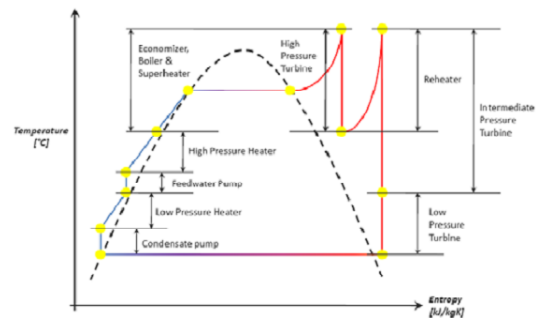
Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTU 1 Jawa Tengah, Rembang diawali dengan energi panas yang berasal dari proses pembakaran HSD dan batubara yang kemudian ditransfer secara radiasi dan konveksi ke fluida kerja. Proses transfer ini akan mengubah fluida kerja dari fasa *saturated water*, *saturated vapor*, dan *superheated steam*. Siklus ini disebut dengan siklus rankine, yang biasa digunakan dalam proses perubahan energi di dalam PLTU seperti halnya PLTU Rembang yang menggunakan siklus rankine.

Gambar 1. Siklus Rankine

Terdapat 4 proses dalam siklus Rankine, setiap siklus mengubah keadaan fluida (tekanan dan/atau wujud) sebagai berikut :

1. Proses 1 : Fluida dipompa dari bertekanan rendah ke tekanan tinggi dalam bentuk cair. Proses ini membutuhkan sedikit input energi.
2. Proses 2 : Fluida cair bertekanan tinggi masuk ke boiler di mana fluida dipanaskan hingga menjadi uap pada tekanan konstan menjadi uap jenuh.
3. Proses 3 : Uap jenuh bergerak menuju turbin, menghasilkan energi listrik. Hal ini mengurangi temperatur dan tekanan uap, dan mungkin sedikit kondensasi juga terjadi.
4. Proses 4 : Uap basah memasuki kondenser di mana uap diembunkan dalam tekanan dan temperatur tetap hingga menjadi cairan jenuh.

Efisiensi termodinamika bisa didapatkan dengan meningkatkan temperatur *input* dari siklus. Terdapat beberapa cara dalam meningkatkan efisiensi siklus Rankine yaitu sebagai berikut :

1. Siklus Rankine dengan pemanasan ulang
   Dalam siklus ini, dua turbin bekerja secara bergantian. Yang pertama menerima uap dari boiler pada tekanan tinggi. Setelah uap melalui turbin pertama, uap akan masuk ke boiler dan dipanaskan ulang sebelum memasuki turbin kedua, yang bertekanan lebih rendah. Manfaat yang bisa didapatkan diantaranya mencegah uap berkondensasi selama ekspansi yang bisa mengakibatkan kerusakan turbin, dan meningkatkan efisiensi turbin.
2. Siklus Rankine regeneratif
   Konsepnya hampir sama seperti konsep pemanasan ulang. Yang membedakannya adalah uap yang telah melewati turbin kedua dan condenser akan bercampur dengan sebagian uap yang belum melewati turbin kedua. Pencampuran terjadi dalam tekanan yang sama dan mengakibatkan pencampuran temperatur. Hal ini akan mengefisiensikan pemanasan primer.

Siklus Rankine untuk pembangkit PLTU 1 Jawa Tengah, Rembang menggunakan kedua siklus diatas, dimana siklus rankine dengan pemanasan ulang terjadi di *reheater boiler* sedangkan siklus rankine dengan rankine regenerative terjadi di economizer. Diagram T – s untuk pembangkit PLTU 1 Jawa Tengah, Rembang dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 2. Siklus Rankine PLTU Rembang

2.2. *Turbine Generator QFSN-300-2-20B*

Turbin yang digunakan pada PLTU 1 Jawa Tengah, Rembang terdiri dari *High Pressure Turbine*, *Intermediete Pressure Turbine*, dan *Low Pressure Turbine*. Generator yang digunakan pada PLTU Rembang adalah model *QFSN-300-2-20B* tipe *Self-Shunt Static Excitation* H_2O-H_2-H_2 *Cooled Generation Unit.*

Tabel 1. Spesifikasi *High Steam Turbine N300-16.7/537/537-8*

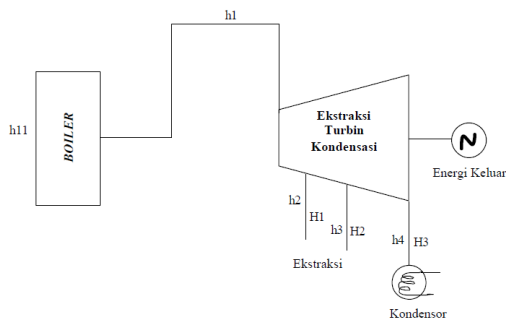
Model	*N300-16.7/537/537-8*
Rated Power	300 MW
Maximum Power	330 MW
Rated Initial Steam Parameter	16.7MPa/537℃
Rated Reheat Steam Parameter	3.181MPa/537℃
Back Pressure	5.80kPa/22℃
Rated Initial Steam Flow	899.6t/h
Maximum Initial Steam Flow	1025t/h
Speed	3000r/min
Shafting critical speed 1^{st} *step*	1370r/min
Shafting critical speed 2^{nd} *step*	1688r/min
Shafting critical speed 3^{rd} *step*	1750r/min
Shafting critical speed 4^{th} *step*	3517r/min
Shafting critical speed 5^{th} *step*	3564r/min

Tabel 2. Spesifikasi *Turbine Generator QFSN-300-2-20B*

Type	*QFSN-300-2-20B*
Rated output	300 MW
Rated voltage	20kV
Rated current	10.189kA
Power factor	0.85 (*Lagging*)
Speed	3000 r/min
Frequency	50 Hz
No. of phases	3
Cooling Method	H_2O-H_2-H_2
Rated Hydrogen Pressure	0.3 MPa (g)
Stator Winding Connection	Y
No. of Terminals	6

2.3. Efisiensi Generator

Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan gaya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dengan generator dikopel dan bekerja bersama. Untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung dengan dengan perhitungan penurunan entalpi.

Pada PLTU Rembang dilengkapi dengan HP Turbin, IP Turbine, LP Turbine dan pemanasan dari Superheater serta pemanasan ulang dari Reheater. Dalam proses ini uap mengalami ekstraksi yaitu sebagai bocoran uap untuk memanasi air sebagai pengisi *heater feedwater*, sehingga untuk menghitung daya atau kerja aktual turbin, persamaan di atas menjadi seperti pada Persamaan 3.5 :

Gambar 3. Skema Perhitungan Daya PLTU Rembang

$$\boldsymbol{W_T = m_1(h_1 - h_2) + (m_2)(h_3 - h_4) + (m_3)(h_4 - h_5)} \quad (3.5)$$

$$\boldsymbol{W_T = W_{HP\ Turbine} + W_{IP\ Turbine} + W_{LP\ Turbine}} \quad (3.6)$$

Dimana :

m : Laju aliran massa steam turbin (kg/h)
h_1 : entalpi steam inlet HP turbin (kJ/kg)
h_2 : entalpi steam exhaust HP Turbin (kJ/kg)
h_3 : entalpi steam inlet IP turbin (kJ/kg)
h_4 : entalpi steam exhaust IP turbin (kJ/kg)
: entalpi steam inlet LP turbin (kJ/kg)
h_5 : entalpi steam exhaust LP turbin (kJ/kg)

Sedangkan untuk mencari daya aktual yang dihasilkan oleh turbin dilakukan dengan mengalikan energy yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari tubin, ditunjukkan pada persamaan 3.7 :

$$W_{Tactual} = W_T \, x \, \eta_{turbin} \quad (3.7)$$

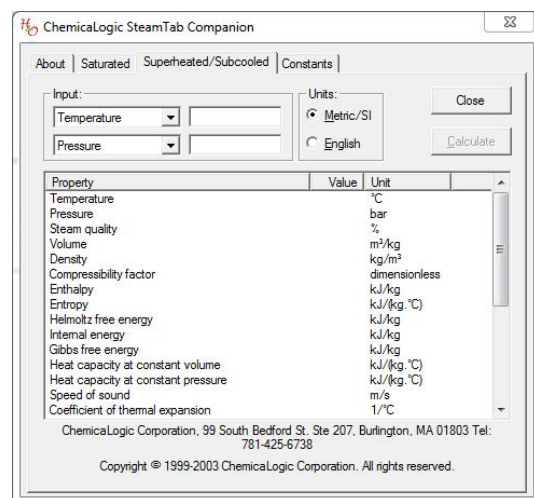
Dimana :
$W_{Tactual}$: Daya aktual turbin (MW)
η_{turbin} : Efisiensi turbin (%)

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukkan generator, dimana daya masukkan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, seperti persamaan di bawah ini :

$$\eta_{gen} = \frac{Beban}{W_{Tactu\ al}} \, x \, 100\% \quad (3.8)$$

Dimana :
η_{gen} : Efisiensi generator (%)
Beban : Daya generator (MW)
$W_{Tactual}$: Daya aktual turbin (MW)

2.4. Program Steam Tab

Selain menggunakan tabel termodinamika, untuk mengetahui sifat – sifat uap juga dapat menggunakan aplikasi yang disebut *SteamTab*.*SteamTab* adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan data yang akurat dari daftar lengkap sifat termodinamika dan fisik untuk air dan uap, seperti nilai Entalphi dan Entropi pada kondisi Saturated dan Superheated.

Gambar 4. Tampilan Program SteamTab

III. PERHITUNGAN

3.1. Asumsi dan Propertis

Metode asumsi yang digunakan untuk mempermudah dalam penyelesaian permasalahan adalah sebagai berikut:

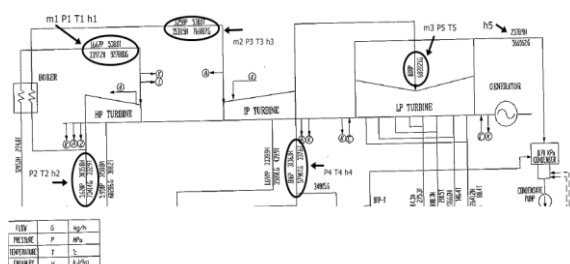
1. Beban generator merupakan beban rata-rata dalam 24 jam.
2. Nilai *Pressure* dan *Temperature* pada HP Turbin, IP Turbin dan LP merupakan rata-rata dalam 24 jam.
3. Nilai steam flow dan entalpi keluaran pada IP turbin dan LP turbin merupakan interpolasi dengan data *manual book*.
4. Turbin uap memiliki nilai efisiensi sebesar 93%.

3.2. Data Percobaan

Data yang diambil berupa nilai rata-rata daya yang dibangkitkan generator PLTU Rembang unit 10 dan 20 dalam 24 jam serta tekanan, laju aliran massa uap dan temperatur pada turbin uap selama 10 hari mulai dari tanggal 02 Februari 2015 sampai dengan tanggal 11 Februari 2015 dijelaskan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 3. Data Beban Rata-rata yang Dibangkitkan Generator

No	Tanggal	Beban Unit 10 (MW)	Beban Unit 20 (MW)
1	02 Februari 2015	259.8	259
2	03 Februari 2015	272.3	265.4
3	04 Februari 2015	263.7	263.5
4	05 Februari 2015	265.8	264.3
5	06 Februari 2015	249.8	252.2
6	07 Februari 2015	266.8	263.3
7	08 Februari 2015	223.3	224.5
8	09 Februari 2015	260	260.9
9	10 Februari 2015	254.8	254.8
10	11 Februari 2015	256.4	255.8

Pengambilan data tekanan, laju aliran uap dan temperatur pada turbin uap dilakukan pada lima titik, yaitu titik masuk dan keluar HP *turbine*, titik masuk dan keluar IP *turbine*, serta titik keluaran LP *turbine* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.

Gambar 5 Skema Pengambilan Data pada Turbin Uap

Berdasarkan skema di atas, dilakukan pengumpulan data yang diambil di CCR (*Central Control Room*) yang ditunjukkan pada **Tabel 4 dan Tabel 5.**

Menggunakan aplikasi *SteamTab* dan perhitungan interpolasi, maka didapatkan data nilai entalpi seperti pada **Tabel 6 dan Tabel 7.**

3.3. Perhitungan Daya Turbin

Daya yang dihasilkan oleh turbin uap dapat dihitung menggunakan metode penurunan entalpi seperti pada Persamaan 3.5 dan 3.6. Berikut adalah contoh perhitungannya menggunakan sampel data pada hari pertama unit 10 :

P1 : 15.88 MPa = 158.8 bar — h1 : 3404.17 kJ/kg
P2 : 3.206 MPa = 32.06 bar — h2 : 3086.97 kJ/kg
P3 : 3.207 MPa = 32.07 bar — h3 : 3536.47 kJ/kg
P4 : 0.726 MPa = 7.26 bar — h4 : 3144.43 kJ/kg
P5 : 0.718 MPa = 7.18 bar — h5 : 2406.42 kJ/kg
T1 : 536.69℃ — ṁ1: 917480 kg/h
T2 : 339.78℃ — ṁ2: 758625 kg/h
T3 : 536.15℃ — ṁ3: 672555 kg/h
T4 : 340.84℃

$$W_T = \dot{m}_1(h_1 - h_2) + (\dot{m}_2)(h_3 - h_4) + (\dot{m}_3)(h_4 - h_5)$$

$$W_T = (917480\text{kg/h})(3404.17\text{ kJ/kg} - 3086.97\text{ kJ/kg}) + (758625\text{ kg/h})(3536.47\text{ kJ/kg} - 3144.43\text{ kJ/kg}) + (672555\text{ kg/h})(3144.43\text{ kJ/kg} - 2406.42\text{ kJ/kg})$$

$$W_T = 291024656\text{ kJ/h} + 297411348.6\text{ kJ/h} + 496352598.5\text{ kJ/h}$$

$$W_T = 1084788603\text{ kJ/h}$$

$$W_T = 301.33\text{ MW}$$

$$W_{Tactual} = \eta_{turbin}\ x\ W_T$$

$$W_{Tactual} = 93\%\ x\ 301.33\ MW$$

$$W_{Tactual} = 280.24\ MW$$

Dari contoh perhitungan pada data hari pertama (02 Februari 2015) seperti yang tampak di atas didapatkan nilai daya aktual yang dihasilkan oleh turbin uap sebesar 280,24 MW.

Tabel 4. Data Tekanan, Laju Uap dan Temperatur pada Turbin Uap Unit 10

Parameter	Tanggal									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tekanan P1 (Mpa)	15.88	15.8	14.76	15.91	16.14	15.78	13.48	15.82	15.79	15.97
Tekanan P2 (Mpa)	3.206	3.27	2.48	3.262	3.381	3.254	2.225	3.305	3.306	3.209
Tekanan P3 (Mpa)	3.207	3.26	2.48	3.263	3.382	3.247	2.216	3.3	3.298	3.206
Tekanan P4 (Mpa)	0.726	0.740	0.567	0.738	0.764	0.736	0.512	0.748	0.748	0.727
Tekanan P5 (Mpa)	0.718	0.732	0.561	0.730	0.756	0.729	0.506	0.740	0.740	0.719
Temperatur T1 (°C)	536.69	536.69	536.69	536.69	536.69	536.67	536.67	536.67	536.69	536.69
Temperatur T2 (°C)	339.78	343.77	327.7	343.77	343.77	343.89	327.82	343.89	343.86	339.78
Temperatur T3 (°C)	536.15	536.15	536.15	536.15	536.15	536.18	536.18	536.18	536.12	536.09
Temperatur T4 (°C)	340.84	340.89	324.83	340.93	344.89	340.88	324.8	340.9	340.9	336.97
Flow Mass $\dot{m}1$ (kg/h)	917480	938130	888400	938510	903940	931150	752990	926480	927000	927520
Flow Mass $\dot{m}2$ (kg/h)	758625	774987	735583	775288	747896	769457	628289	765756	766168	766580
Flow Mass $\dot{m}3$ (kg/h)	672555	687918	654188	688176	664728	683184	562343	680016	680369	680722

Tabel 5. Data Tekanan, Laju Uap dan Temperatur pada Turbin Uap Unit 20

Parameter	Tanggal									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tekanan P1 (Mpa)	15.62	15.77	14.73	15.53	15.54	15.32	14.11	15.93	15.71	16.31
Tekanan P2 (Mpa)	3.22	3.29	2.5	3.35	3.34	3.21	2.24	3.26	3.26	3.30
Tekanan P3 (Mpa)	2.901	2.968	2.25	3.016	3.011	2.896	2.021	2.940	2.940	2.976
Tekanan P4 (Mpa)	0.730	0.746	0.572	0.757	0.756	0.728	0.516	0.739	0.739	0.748
Tekanan P5 (Mpa)	0.722	0.738	0.566	0.750	0.749	0.721	0.511	0.731	0.732	0.740
Temperatur T1 (°C)	540.91	540.85	534.81	540.83	540.85	534.85	534.85	540.88	540.88	540.91
Temperatur T2 (°C)	339	342.9	326.84	342.9	342.96	338.89	322.77	338.83	342.82	342.76
Temperatur T3 (°C)	538.28	538.19	538.25	538.22	538.17	538.19	538.19	538.16	538.19	538.26
Temperatur T4 (°C)	338.92	342.82	322.73	342.79	342.82	338.8	318.73	338.81	342.87	342.91
Flow Mass $\dot{m}$ 1 (kg/h)	917780	926040	893990	914580	888580	904580	766580	927040	928240	924430
Flow Mass $\dot{m}2$ (kg/h)	758863	765408	740012	756327	735726	748404	639057	766200	767151	764132
Flow Mass $\dot{m}3$ (kg/h)	674115	679718	657979	671945	654310	665162	571560	680396	626948	630468

Tabel 6. Data Entalpi pada Turbin Uap Unit 10

Parameter	Tanggal									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Entalpi h1 (kJ/kg)	3404.17	3405.07	3416.77	3403.83	3401.22	3405.24	3430.93	3404.79	3405.19	3403.15
Entalpi h2 (kJ/kg)	3086.97	3095.08	3075.91	3095.27	3092.48	3095.75	3082.42	3094.56	3094.46	3086.9
Entalpi h3 (kJ/kg)	3536.47	3535.95	3543.56	3535.93	3534.76	3536.15	3546.19	3535.63	3535.51	3536.35
Entalpi h4 (kJ/kg)	3144.43	3144.24	3114.42	3144.37	3152.15	3144.3	3115.58	3144.1	3144.1	3136.29
Entalpi h5 (kJ/kg)	2406.42	2411	2408.27	2409.32	2408.88	2415.54	2409.43	2430.79	2410.75	2414.11

Tabel 7. Data Entalpi pada Turbin Uap Unit 20

Parameter	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Entalpi h1 (kJ/kg)	3418.81	3416.98	3411.96	3419.58	3419.53	3405.4	3419.04	3415.28	3417.73	3411.13
Entalpi h2 (kJ/kg)	3084.67	3092.33	3073.41	3091.09	3091.35	3084.56	3070.29	3083.22	3092.87	3091.8
Entalpi h3 (kJ/kg)	3544.24	3543.39	3550.46	3543	3542.93	3544.1	3552.52	3543.6	3543.66	3543.48
Entalpi h4 (kJ/kg)	3140.32	3148.17	3109.94	3147.88	3147.96	3140.11	3102.92	3139.9	3148.42	3148.32
Entalpi h5 (kJ/kg)	2407.21	2403.41	2404.54	2404.07	2411.24	2404.66	2427.65	2406.08	2409.70	2409.106

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan nilai daya aktual turbin uap dan beban yang dibangkitkan generator adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Data Perhitungan Daya Turbin dan Pengukuran Daya Generator

Tanggal	Unit 10		Unit 20	
	W_T (MW)	Beban (MW)	W_T (MW)	Beban (MW)
2	280.24	259.8	286.08	259
3	283.85	272.3	286.59	265.4
4	279.11	263.7	282.30	263.5
5	283.91	265.8	283.93	264.3
6	273.65	249.8	274.93	252.2
7	280.96	266.8	279.46	263.3
8	240.27	223.3	242.99	224.5
9	277.01	260	288.41	260.9
10	280.78	254.8	275.87	254.8
11	281.99	256.4	274.66	255.8

3.4. Perhitungan Efisiensi

Berdasarkan **Tabel 8**, maka bisa dihitung nilai efisiensi generator menggunakan Persamaan 3.8. Berikut contoh perhitungan efisiensi turbin generator pada sampel data hari pertama :

$W_{Tactual}$ = 280.24 MW

Beban = 259.8 MW

$$\eta_{gen} = \frac{Beban}{W_{Tactual}} \ x \ 100\%$$

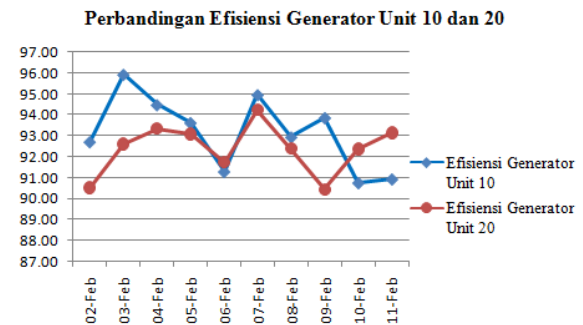
$$\eta_{gen} = \frac{259.8 \ MW}{280.24} \ x \ 100\%$$

$$\eta_{gen} = 0.927072258 \text{ x } 100\%$$

$$\boldsymbol{\eta_{gen} = 92.71} \ \%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *turbine generator* adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Data Perbandingan Efisiensi *Turbine Generator* Unit 10 dan 20

Tanggal	Unit 10	Unit 20
	Efisiensi Perhitungan (%)	Efisiensi Perhitungan (%)
2	92.71	90.53
3	95.93	92.61
4	94.48	93.34
5	93.62	93.09
6	91.28	91.73
7	94.96	94.22
8	92.94	92.39
9	93.86	90.46
10	90.75	92.36
11	90.93	93.13
Rata - rata	**93.15**	**92.39**

Gambar 6. Grafik Perbandingan Efisiensi Generator #10 dan #20

3.5. Analisa

Berdasarkan grafik pada **Gambar 6.** terlihat nilai efisiensi *turbine generator QFSN-300-2-20B* mengalami perubahan yang fluktuatif. Hal ini tidak hanya terjadi pada unit 10, tetapi juga terjadi pada unit 20. Selama 10 hari pengamatan didapatkan nilai efisiensi terendah pada unit 10 terjadi pada hari ke-sembilan (10 Februari 2015) sebesar 90.75% sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua (3 Februari 2015) sebesar 95.93%. Pada unit 20, nilai efisiensi terendah terjadi pada hari ke-delapan (9 Februari 2015) sebesar 90.46%, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada hari ke-enam (7 Februari 2015) sebesar 94.66%.

Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi yang ada pada generator tersebut. Pada buku ***Electric Machinery Fundamentals, SJ. Chapman*** dijelaskan bahwa rugi-rugi generator meliputi rugi-rugi panas pada kumparan (*winding)* dan rugi-rugi pada inti generator (*core)*, serta rugi-rugi mekanik akibat gesekkan terhadap udara pada saat berputar [5]. Rugi-rugi panas yang dihasilkan inti dan kumparan generator dipengaruhi oleh sistem pendinginannya (*generator cooling system*). Hal ini menyebabkan efisiensi pada generator dapat mengalami perubahan yang fluktuaktif saat beroperasi.

Berdasarkan pada **Tabel 9.**, didapatkan nilai rata-rata efisiensi *turbine generator* pada unit 10 sebesar 93.15%, sedangkan pada unit 20 sebesar 92.39%. Mengacu pada *manual book* ***"Electric Operation Manual Generator and Electrical Equipment"*** diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar ±98% [2]. Apabila dibandingkan dengan nilai efisiensi hasil perhitungan pada generator unit 10 dan 20 sebesar 93.15% dan 92.39%, nilai efisiensi *Turbine Generator QFSN-300-2-20B* pada PLTU Rembang saat ini telah mengalami penurunan sebesar ±5%. Penurunan efisiensi ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sudah melemahnya kemampuan kerja generator maupun meningkatnya rugi-rugi yang ada pada generator salah satunya adalah rugi-rugi mekaniknya. Rugi gesekkan dapat disebabkan oleh gesekan bantalan dan gesekan udara

(windage), yang disebabkan oleh turbulensi udara akibat rotasi jangkar. Faktor perawatan dapat mempengaruhi besarnya rugi gesekan. Pembersihan dan pelumasan yang tepat sangat penting dalam mengurangi gesekan bantalan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Setelah kegiatan Kerja Praktek yang telah dilakukan pada PLTU 1 Jawa Tengah Rembang dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses pembangkitan listrik khususnya pada PLTU 1 Jawa Tengah Rembang terdiri dari siklus bahan bakar, siklus uap dan air, serta siklus pembakaran.
2. Pada Unit 10 nilai efisiensi terendah terjadi pada hari ke-sembilan yaitu pada tanggal 10 Februari 2015 sebesar 90.75%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua (3 Februari 2015) sebesar 95.93%.
3. Pada unit 20, nilai efisiensi terendah terjadi pada hari ke-delapan (9 Februari 2015) sebesar 90.46%, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada hari ke-enam sebesar 94.66%.
4. *Turbine generator QFSN-300-2-20B* mengalami penurunan efisiensi sebesar ±5% dari nilai efisiensi desain sebesar ±98% menjadi 93.15% pada unit 10 dan 92.39% pada unit 20.

4.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan setelah melakukan kegiatan kerja praktik pada PLTU 1 Jawa Tengah Rembang adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan dilakukan penambahan sensor alat ukur pada beberapa komponen unit agar dalam pengambilan data bisa lebih akurat dan lengkap, misalkan sensor flow steam pada turbin IP dan LP.
2. Diharapkan dilakukan pengecekkan pada aplikasi kontrol di CCR, karena terdapat beberapa variabel yang tidak menunjukkan nilai yang seharusnya dan hanya tampil angka nol (0.00).

DAFTAR PUSTAKA

[1] NW Power, dan Dongfang Electric, *Turbine Operation Manual*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.

[2] NW Power, dan Dongfang Electric, *Electric Operation Manual Generator and Electrical Equipment*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.

[3] NW Power, dan Dongfang Electric, *Thermodynamic Performance for Model N300-16.7-538-538-8 Turbine*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.

[4] Udiklat Suralaya, *Modul 2 Pengoperasian (Thermodinamika)*, PT. PLN (Persero), 2008.

[5] Chapman, Stephen J, *"Electric Machinery Fundamentals"*, 4rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Australia, 2004.

[6] Udiklat Suralaya, *Modul 3 Pengoperasian (Thermodinamika)*, PT. PLN (Persero), 2008

[7] Caturwati, NK., dkk., *Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Efisiensi Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Makalah Prosiding Seminar Nasional AVoER 3, 2011, ISBN : 979-587-395-4

[8] Ristyanto, A N., *Simulasi Perhitungan Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang*, UNDIP : Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.

[9] Ujianto, Tri. *Perhitungan Efisiensi Pada Turbin Generator 51g1 Kondisi Ekstraksi Di Utilities Section Area 50 PT Pertamina RU IV Cilacap*, UNDIP : Makalah Kerja Praktek

[10] Ardian km., *Perhitungan Daya Output High Pressure Turbine & Intermediate Pressure Turbine dengan Metode Penurunan Enthalpy*. Makalah Kerja Praktek

BIODATA

Dwi Cahyadi lahir di Purbalingga, Jawa Tengah pada tanggal 26 Maret 1994. Telah menempuh pendidikan mulai dari TK Pertiwi Karanganyar selama 1 tahun, melanjutkan ke SDN 1 Karanganyar, Purbalingga selama 6 tahun, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Bobotsari selama 3 tahun, SMK Negeri 1 Purbalingga selama 3 tahun. Saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro angkatan 2012 mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

<u>Dr. Ir. Hermawan, DEA</u>
NIP 196002231986021001